

# 基于位置预查询的因特网移动支持方案\*

何晓英<sup>1+</sup>, 刘琼<sup>2</sup>, 雷振明<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(北京邮电大学 信息工程学院 ATM 中心,北京 100876)

<sup>2</sup>(中国科学院 软件研究所,北京 100080)

## Location Pre-Query Scheme to Internet Mobility Support

HE Xiao-Ying<sup>1+</sup>, LIU Qiong<sup>2</sup>, LEI Zhen-Ming<sup>1</sup>

<sup>1</sup>(ATM Center, School of Information Engineering, University of Posts and Telecommunication, Beijing 100876, China)

<sup>2</sup>(Institute of Software, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

+ Corresponding author: Phn: +86-10-62645405, Fax: +86-10-62645410, E-mail: liuq@ios.cn, <http://www.iscas.ac.cn>

Received 2002-09-02; Accepted 2003-01-28

He XY, Liu Q, Lei ZM. Location pre-query scheme to Internet mobility support. *Journal of Software*, 2004,15(2):259~267.

<http://www.jos.org.cn/1000-9825/15/259.htm>

**Abstract:** In this paper, an approach for IP mobility support with Location Pre-Query (MIP\_Q) is put forward for solving the traffic bottleneck and single point error at home network, and also for improving the efficiency and reliability of communication. MIP\_Q eliminates the agent of HA (home Agent) by extending the functions of DNS (domain name system) to manage and track the location database of mobile nodes. MIP\_Q uses parallel handoff procedures and avoids the triangle routing and tunneling. The cost and handoff delay of MIP\_Q by an effective algorithm with MIP and MIP\_LR are analyzed and compared. The realization of MIP\_Q is also discussed by referring to the widely used wide area cellular mobile networks. The analysis results show that MIP\_Q precedes MIP and MIP\_Q on handoff efficiency and the number of additional entities. MIP\_Q can greatly reduce the mean cost of mobile communication and lead to a reasonable handoff delay. MIP\_Q also has feasibility on implementation. Finally, the MIP\_Q's simulation and implementation schemes are given out.

**Key words:** MIP (mobile Internet protocol); MN (mobile node); DNS (domain name system); HA (home Agent)

**摘要:** 提出一种预查询移动支持方案(mobile Internet protocol\_based on location pre-query,简称 MIP\_Q),以解决家乡网络的流量瓶颈和单点故障问题,从而提高移动通信的效率和可靠性.MIP\_Q 通过扩展域名服务系统管理和跟踪移动节点的当前位置信息,省去了家乡代理;采用并行切换控制方式,同时避免了 MIP(mobile Internet

---

\* Supported by the National Natural Science Foundation of China under Grant No.69896240 (国家自然科学基金); the Fundamental Research Program of the Institute of Software, the Chinese Academy of Sciences under Grant No.CXK15348 (中国科学院软件研究所基础研究课题)

**作者简介:** 何晓英(1975—),女,河北唐山人,博士,主要研究领域为移动计算机网络,计算机体系结构;刘琼(1959—),女,博士,研究员,主要研究领域为 IP 交换技术,移动 IP 技术,通信量工程;雷振明(1951—),男,博士,教授,博士生导师,主要研究领域为宽带网络,无线移动网络。

protocol,简称MIP)中的三角路由和隧道路由问题;借助有效的计算方法,分析和比较了MIP\_Q与MIP、MIP\_LR的平均移动通信成本和切换时延;在实现方面与广泛应用的广域蜂窝移动网络进行了类比.结果表明:MIP\_Q在切换效率和新增实体数等方面优于同类方案;MIP\_Q可以极大地降低节点的移动通信成本,减小切换时延;MIP\_Q具有良好的可行性.最后提出MIP\_Q的仿真和实现方案.

关键词: 移动IP(Internet protocol);移动节点;域名服务系统;家乡代理

中图法分类号: TP393 文献标识码: A

随着便携式通信设备、无线接入和因特网技术的飞速发展,移动计算越来越多地受到人们的关注.因特网工程任务组(Internet engineering task force,简称IETF)设计了移动IPv4(mobile Internet protocol,简称MIP)协议<sup>[1]</sup>支持因特网移动用户漫游通信.MIP的工作方式是当移动节点(mobile node,简称MN)在外地网络漫游时,获得标识当前位置的转交地址(care-of address,简称COA),通过外地代理(foreign Agent,简称FA)向家乡代理(home Agent,简称HA)注册,通知HA自己当前的COA.HA捕获发往MN的IP数据报,采用隧道方式将这些IP数据报转发至MN当前的COA处,使MN能够正确地接收IP数据报.

MIP支持全透明的节点移动通信,但却付出了高成本、低效率等巨大代价.MIP的主要缺陷包括占用过多网络带宽的三角路由、增加包头开销的低效率隧道路由、家乡网络单点故障和流量瓶颈等.MIP协议的路由优化扩展(MIP-RO)方案<sup>[2]</sup>解决了三角路由问题,但隧道路由等问题依然存在,路由器不能识别经隧道封装的资源预留协议(resource reservation setup protocol,简称RSVP)控制分组<sup>[3]</sup>;MN必须使用反向隧道技术,才能保证发往通信对端(correspondent node,简称CN)的IP数据报通过具有入口过滤功能的防火墙<sup>[4]</sup>;HA不仅存在单点故障问题,当管理大量的MN时,还会造成家乡网络的流量瓶颈问题.此外,MIP的服务质量(quality of service,简称QoS)、成本、移动安全等问题始终困扰着人们<sup>[5]</sup>.

大量涌现的新的因特网移动支持方案不同程度地解决了三角路由或隧道路由问题,但仍存在着诸多不足,如文献[5~8]提出具有位置寄存器的移动IP方案(mobile Internet protocol\_locator register,简称),将蜂窝无线系统的位置寄存器(home locator register/visitor locator register,简称HLR/VLR)引入因特网管理MN位置信息,但需要额外的功能实体HLR/VLR,增加了系统实现的复杂度.文献[9]提出动态更新域名系统(domain name system,简称DNS),通过向CN提供MN当前位置信息支持节点移动通信,但需要修改所有节点的TCP(transmission control protocol,简称TCP)协议栈,可操作性较差.文献[10,11]提出的位置无关节点移动通信方案引入了额外的映射代理管理MN位置信息,不仅浪费了大量的可用地址空间,而且适用范围有限.

本文提出基于位置预查询的移动支持方案(mobile Internet protocol\_based on location pre-query,简称MIP\_Q),通过扩展DNS达到支持节点的移动通信的目的.MIP\_Q充分利用因特网现有的功能实体,使整个方案新增实体数目较少;省去HA,消除了家乡网络中的单点故障和流量瓶颈问题;从本质上避免了三角路由和隧道路由问题,通信效率提高,开销减小;能与RSVP协议正常互通,使MN发向CN的分组能够正确穿过具有入口过滤功能的防火墙;MIP\_Q通过并行切换控制方式,使切换时延低于MIP\_LR方案.另外,MIP\_Q同时适用于IPv4和IPv6网络,有较宽的适用范围.

本文第1节描述MIP\_Q的设计和实现细节.第2节分析并比较MIP、MIP\_LR和MIP\_Q这3种方案的平均移动通信成本和切换时延.最后总结MIP\_Q的综合优势,借助于与广域移动蜂窝网的比较,说明了本方案的可行性,并指出了MIP\_Q需要进一步研究和解决的问题.

## 1 MIP\_Q方案的设计和实现

MIP\_Q方案的设计实现分两个部分:首先,对DNS进行扩展,使DNS服务器既可以提供移动节点的IP地址,又可以对COA映射信息进行管理.然后,在MN和CN处分别增加支持节点移动通信的控制功能模块,省去MIP中位于家乡网络的HA功能实体.

### 1.1 DNS的扩展

DNS 在因特网中应用普遍<sup>[12,13]</sup>.在大多数因特网应用中,通信发起节点需要查询 DNS 获得通信对端的 IP 地址;DNS 提供了有效的二步域名查询机制<sup>[14]</sup>和安全动态域名更新机制<sup>[15,16]</sup>.MIP\_Q 充分利用这些特点对 DNS 进行扩展,扩展部分用于跟踪和管理 MN 的 COA 信息.当 MN 改变所处的网络时,向其域名服务器发送经过扩展的安全、动态域名消息,更新储存在服务器内的 COA 信息.当 CN 需要向 MN 发送分组时,使用扩展的 DNS 请求消息查询域名服务器获取 MN 的 IP 地址和 COA,再通过节点内的映射模块与 MN 当前的 COA 通信.

MIP\_Q 对 DNS 的扩展包括两部分:(1) 在 DNS 数据库中增加 COA 资源记录项支持 MN 的当前位置信息管理,COA 资源记录项包括域名、IP 地址、当前 COA 和有效期等字段.如果 MN 位于家乡网络,COA 项内记录的信息为 MN 的 IP 地址;如果 MN 在外地网络,COA 项内记录的信息为 MN 当前的 COA.(2) 对 DNS 动态更新消息<sup>[15,16]</sup>进行扩展,增加 COA 项和相应的有效期等信息支持 MN 移动后对 COA 的动态更新,并在应答消息内增加相应字段.当 MN 发生移动并获得一个新的 COA 后,MN 经扩展的安全、动态域名更新消息向 DNS 服务器更新当前 COA 信息.相应地,修改端节点内的 DNS 解析程序,扩展客户查询功能.

MIP\_Q 为了避免使用域名服务器和节点 DNS 解析程序缓存区内失效的域名、IP 地址和 COA 的映射信息,将这些缓存区内 MN 的生存期(TTL)域置为 0.但是,CN 查询域名服务器期间,MN 发生了移动,CN 仍有可能获得这些不缓存的 DNS 记录<sup>[9]</sup>.MIP\_Q 处理这类情况的方法是,当通信尝试失败时,CN 应再次查询 DNS 获取 MN 的最新位置信息.

### 1.2 端节点内的IP地址映射

为了支持移动通信,MIP\_Q 在所有节点(CN,MN)的 IP 层和传输层之间都增加一个映射模块,管理 MN 的 IP 地址与其当前 COA 的映射.此模块与节点内的 DNS 解析程序互相通信,每次由解析程序查询扩展 DNS 获取 MN 的 IP 地址与当前 COA 之间的映射信息.对于少数不调用 DNS 解析过程而直接指定 IP 地址进行通信的应用,映射模块独立调用 DNS 反向解析程序获取 MN 的映射信息.在发送端:从传输层到达网络层的 IP 地址由映射模块负责映射成与之相对应的 COA,网络层根据当前 COA 发送 IP 数据报.在接收端:映射模块进行反向操作.对于传输层及其以上各层,用于标识 TCP 连接的 IP 地址保持不变,从而保证通信和上层程序的正常运行.

映射模块缓存通信节点的 IP 地址和 COA 之间的映射,以便本次通信中后续分组的发送.同时,映射模块负责映射信息的更新管理,当接收到切换消息或切换警告消息,或有效期失效时,映射模块通过调用扩展的 DNS 查询消息更新缓存的映射信息.同时,映射模块缓存各节点的域名,便于映射模块调用扩展的 DNS 查询,获取最新的映射信息,端节点内的 IP 地址映射模块的层次结构模型如图 1 所示.

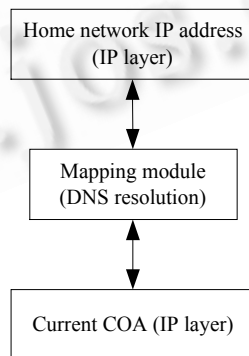


Fig.1 IP address mapping module in mobile node

图 1 端节点内的 IP 地址映射模块

### 1.3 通信过程

因特网上支持节点移动通信的主要步骤包括:代理和网络发现、COA 分配与更新、分组路由.据此,MIP\_Q 的通信过程如图 2 所示,简述如下:

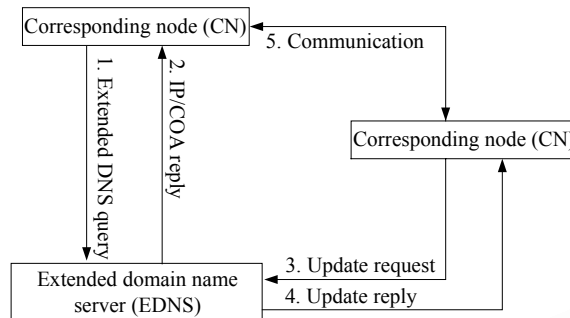


Fig. 2 Communication procedure of MIP\_Q

图2 MIP\_Q 通信过程

代理和网络发现:MIP\_Q 中使用与 MIP 类似的方式实现这一步骤.FA 周期性地发送代理广播消息,并应答 MN 发出的请求消息.MN 接收代理广播消息,判断自己当前所处的网络,并获得当前可用的外地代理信息.

COA 获取和更新:MIP\_Q 使用配置转交地址(co-located COA),MN 可以从 FA,DHCP<sup>[17]</sup>服务器或其他一些自动配置方式<sup>[18]</sup>获得 COA,经扩展的安全、动态域名更新消息向 DNS 服务器注册,并更新其当前 COA 信息.

分组路由:当 CN 发起与 MN 的通信时,通过查询扩展域名获得 MN 的 IP 地址和 COA,然后经内部映射模块直接向 MN 的 COA 发送分组.CN 由底层程序向高层的应用程序隐藏了 MN 的 IP 地址与 COA 之间的映射实现,通信对端使用对等的映射模块和隐藏方式,即 MIP\_Q 向上层程序提供透明的移动支持功能.当 MN 映射失效或收到切换或切换警告消息时,CN 通过扩展 DNS 查询,获取 MN 的最新 COA.MIP\_Q 有两种切换过程,执行时具体选择哪一种取决于 MN 和 CN 之间是否存在安全关联.为了支持切换,正如移动 IPv6 所述<sup>[19]</sup>,MN 需要维持所有与之通信的 CN 的相关信息.

如果 CN 和 MN 之间存在安全关联,MIP\_Q 的切换采用直接更新方式.当 MN 移动到新的外地网络以后,MN 调用扩展的安全、动态域名更新过程更新域名服务器的 COA 资源记录项.与此同时,MN 直接向 CN 发送经过安全认证的切换消息,向 CN 通知 MN 的新 COA 信息.切换消息应当包含 MN 的 IP 地址、MN 的旧 COA 和新 COA,来辅助映射模块完成更新时映射信息的识别.如果在 MN 和 CN 之间不存在安全关联,切换时采用间接更新方式.MN 移动到新的外地网络以后,向 CN 发送切换警告消息,通知 MN 已经移动.CN 接收到此消息以后,调用经扩展的 DNS 查询过程,从域名服务器获得 MN 最新的 COA.

为了提供无缝(低时延、低分组丢失率)切换,MIP\_Q 在切换时提供从旧 FA 向新 FA 转发分组的功能选项.当 MN 移动后,MN 通过新 FA 通知旧 FA 新的 COA 信息,随后,旧 FA 通过隧道方式将发往 MN 的旧 COA 的分组转发至 MN 的新 COA 处.

## 2 成本和时延的分析与比较

### 2.1 MIP\_Q 成本分析网络模型

本文在文献[5]所述成本分析网络模型的基础上建立适合 MIP\_Q 成本分析的网络模型,如图 3 所示.

设 CN 以平均速度  $\lambda$  产生发往 MN 的分组,MN 在子网间的平均切换速率为  $\mu$ ,分组产生速率与切换速率之比(packet to mobility ratio,简称 PMR)代表 MN 每移动一次从一个对端接收的平均分组数目,假设移动和分组产生过程是独立、平稳及各态遍历的,PMR(用  $p$  表示)的计算由式(1)确定:

$$p = \lambda / \mu \quad (1)$$

本文所涉及各类实体及其之间的连接关系如图 3 所示,假设经过足够长的时间之后,如图 3 所示,节点间的距离趋于平均值.设经过各链路传输的成本为  $a = b = f = g = 2$ ,  $e = d = c = 1$ .

设控制分组(例如,MIP\_Q 中的注册分组等)的平均长度为  $l_c$ ,数据分组间的平均长度为  $l_d$ ,二者的比值定义为  $l$ :

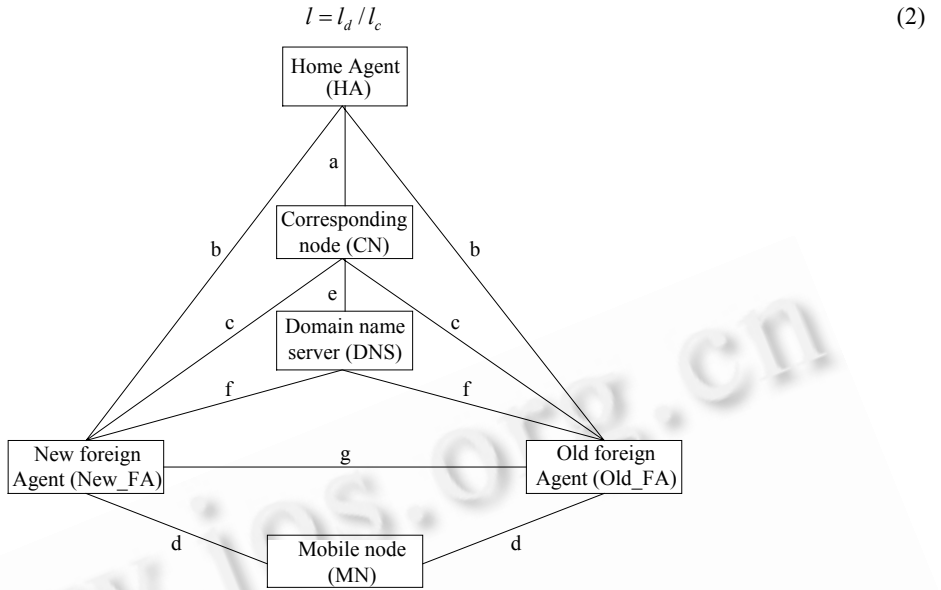


Fig.3 Network topology of MIO\_Q cost analysis

图3 MIP\_Q 成本分析网络拓扑

为了便于比较,MIP\_Q 的成本估算利用文献[5]提供的参数: $l_c = 100$  字节, $l_d = 1024$  字节.设传输一个控制分组的成本由发送端和接收端之间的距离决定,则传输一个数据分组的成本为控制分组的  $l$  倍.同时,假设在任何节点处理一个控制分组或进行数据分组隧道操作等的成本为  $r$ ,且  $r = 1$ <sup>[5]</sup>.

本文利用经验公式估算无线和有线链路时延,计算公式的背景:CN,HA 和 FA 采用 10Mbps 有线交换式以太网互联,通过对网络搜集的数据进行分析得到:

$$trt(h, k) = 3.63k + 3.21(h - 1) \quad (3)$$

其中  $k$  (单位 KB:千字节)为分组长度,  $h$  为路由跳数,  $trt$  (ms)为往返时延,假定单向时延为往返时延的一半.而在单跳 2Mbps 无线局域网的链路时延计算公式为

$$W_{rt}(k) = 17.1k \quad (4)$$

其中  $k$  (单位 KB:千字节)为分组长度 KB,  $W_{rt}(k)$  代表往返时延,单位 ms.

本文采用常用的简单流体模型描述 MN 的移动性<sup>[5]</sup>,假定子网平均覆盖范围  $s = 150\text{m}$ ,步行速度取  $\mu = 0.01$ ,车行速度取  $\mu = 0.2$ .

## 2.2 MIP, MIP\_LR和MIP\_Q的成本计算与比较

分析的时间范围从 MN 移动到一个外地网络起始,直到离开此网络到达下一个新网络为止,MIP\_Q 采用间接切换更新方式,为支持无缝切换,同时支持新、旧 FA 之间的分组转发功能,MIP\_Q 节点的移动通信的平均成本计算如下( $C_q$  代表 MIP\_Q 的平均通信成本):

$$C_q = m + C_{rd-q} + C_{bd-q} + C_{ls-q} + C_{f-q} + C_{nt} \quad (5)$$

$m$  代表 MN 在新外地网络向域名服务器注册和更新的成本,且

$$m = 2(d + f) + 5r \quad (6)$$

$C_{rd-q}$  代表移动节点更新旧 FA 的成本.在更新过程中,新 FA 对移动节点发送的控制消息进行处理,以便支持后续的分组转发功能,

$$C_{rd-q} = d + g + 3r \quad (7)$$

$C_{bd-q}$  代表 MN 向 CN 发送切换警告消息,直到 CN 从域名服务器处获得 MN 的新 COA 的成本为止,新 FA 对此消息直接转发,不作任何处理.

$$C_{bd-q} = 4r + 2e + d + c \tag{8}$$

其中  $r$  表示节点处理一个控制分组或数据分组隧道操作的成本。

$C_{ls-q}$  代表切换时丢失分组的成本,为计算  $C_{ls-q}$ ,引入中间变量  $C_{dd}$ .  $C_{dd}$  代表 CN 到 MN 发送一个数据分组的成本,  $t_{rd-q}$  的计算见式(12).

由  $C_{dd} = l * (c + d)$ ,得到:

$$C_{ls-q} = \lambda * t_{rd-q} * C_{dd} \tag{9}$$

$C_{f-q}$  代表从旧 FA 向新 FA 转发分组的成本,  $t_{left}$  的计算见式(12)~式(14):

$$C_{f-q} = \lambda * t_{left} * (l_g + 2r) \tag{10}$$

$C_{nt}$  代表 CN 向 MN 发送所有分组的成本:

$$C_{nt} = p * l * (c + d) \tag{11}$$

设一条控制消息在网络中平均传输距离  $i$  的时延为  $t_i$  ( $i = b, c, d, e, f, g, r$ ),节点处理每个控制或数据分组的平均时延为  $t_r$ ;  $t_{rd-q}$  表示 MN 移动直至旧 FA 获得 MN 的新 COA 之间的时间间隔:

$$t_{rd-q} = t_d + t_g + 3t_r \tag{12}$$

$t_{bd-q}$  表示 MN 发生移动到 CN 获得 MN 的新 COA 之间的时间间隔:

$$t_{bd-q} = 2t_e + t_d + t_c + 4t_r \tag{13}$$

$t_{left}$  表示“0”与“ $t_{bd-q} - t_{rd-q}$ ”二者的最小值(如果 CN 先获得切换通知,则  $t_{left}$  取得负值):

$$t_{left} = \begin{cases} 0 \\ t_{bd-q} - t_{rd-q} \end{cases} \tag{14}$$

如前所述,  $p$  表示分组产生速率与切换速率之比(即 PMR),假设对于丢失的分组,CN 进行一次重发.以 MIP 为参考对象,比较 MIP\_Q 和 MIP\_LR 两种方案,由上述算法取得计算数据,绘制相对成本( $C/C_{mip}$ )与 PMR 之间的关系曲线( $C_{mip}$ 代表 MIP 的平均通信成本),如图 4 所示.图中  $C_q$ 代表 MIP\_Q 的平均通信成本, $C_q/C_{mip}$ 表示 MIP\_Q 相对 MIP 的成本, $C_{lr}$ 代表 MIP\_LR 的平均通信成本, $C_{lr}/C_{mip}$ 表示 MIP\_LR 相对 MIP 的成本.由图 4 可以看出,随着 PMR 的增加,MIP\_Q 和 MIP\_LR 两种方案明显降低了移动节点的平均通信成本,它们的注册和更新过程虽然比 MIP 方案复杂,但在分组产生速率与切换速率比(PMR)较高时,复杂因素对成本的影响甚微,而避免三角路由带来的成本减少却效果显著,下面的分析可以更加明确地证实这一点.

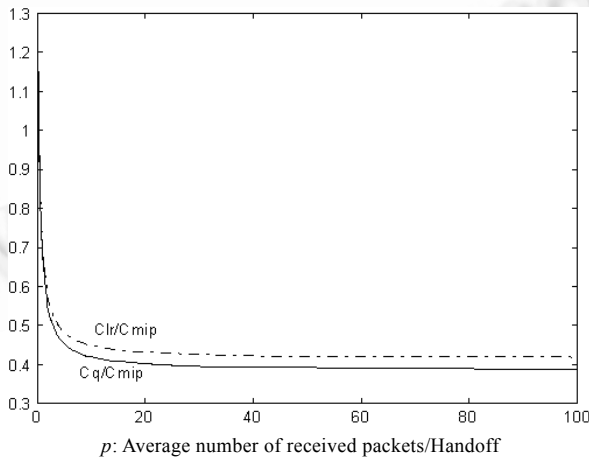


Fig.4 Comparison of cost among MIP\_Q, MIP\_LR and MIP

图 4 MIP\_Q 和 MIP\_LR 与 MIP 的成本比较

当 PMR 较高时,MIP\_Q 和 MIP\_LR 与 MIP 的相对成本均趋于稳定,MIP\_Q 方案的相对成本极限用  $C_a$  表示,可由以下简化算式计算得到:

$$C_a = \lim_{p \rightarrow \infty} C_{lr} / C_{mip} = \frac{l(c+d)}{l(a+b+d)+2r} \tag{15}$$

实际计算得到  $C_a$  极限值约为 38.5%, 如果设 MIP\_LR 的相对成本极限为  $C_b$ , 则可以由图 4 和计算得知  $C_a, C_b$  均小于 50%, 且  $C_a < C_b$ , MIP\_Q 平均通信成本近乎低到 MIP 的  $\frac{1}{3}$ .

设  $s$  为直接路由与三角路由间距离的比值, 则有

$$s = (c+d)/(a+b+d) \tag{16}$$

把式(16)代入式(15)可以推得:

$$C_a = \frac{s}{1+2r/l(a+b+d)} \tag{17}$$

由前述  $a+b+d=3$ , 所以, 在  $r/l$  较小时,  $C_a$  近似等于  $s$ , 即 MIP\_Q 与 MIP\_LR 的成本比值近似等于直接路由与三角路由的距离的比值, 距离比值越小, 成本下降得越多. 所以, 直接路由与三角路由的距离之比是影响成本的重要因素.

由此可以得出以下结论: MIP\_Q 与 MIP\_LR 的平均通信成本均低于 MIP, 且 MIP\_Q 比 MIP\_LR 效果更好, 是三者之中成本最低的. 在 MIP\_Q 切换时, 注册消息和更新消息的发送是并行的, MN 移动到新的网络立即向 CN, 旧 FA 和域名服务器发送更新消息; 而在 MIP\_LR, 此过程是顺序执行的, MN 首先向旧 FA 发送注册更新消息, 再由旧 FA 通知 CN 获得 MN 的新位置信息, 所以, MIP\_Q 切换更迅速, 而且切换时采用旧 FA 转发分组的方式使切换时丢失的分组减少, 这些就是 MIP\_Q 的平均成本比 MIP\_LR 还低的基本原因.

### 2.3 MIP, MIP\_LR 和 MIP\_Q 的切换时延的分析与评价

MIP, MIP\_LR 和 MIP\_Q 这 3 种移动管理方案切换时延计算如下,  $D_{mip}$  代表 MIP 的切换时延;  $D_{lr}$  代表 MIP\_LR 的切换时延;  $D_q$  代表 MIP\_Q 的切换时延, 则

$$D_{mip} = t_b + t_d + 3t_r \tag{18}$$

$$D_{lr} = t_a + t_b + t_d + t_g + 5t_r \tag{19}$$

$$D_q = \max(t_{rd-q}, t_{bd-q}, t_{dd-q}) \tag{20}$$

在式(20)中,  $t_{dd-q}$  代表更新 MN 域名服务器的时延, 且

$$t_{dd-q} = t_f + t_d + 3t_r \tag{21}$$

使用上述模型, 由于网络模型中任意两节点间的距离按路由跳数决定, 可设相同子网内两节点间的距离为“1”, 经同一路由器直接连接的两节点的间距为“2”. 改变从 CN 和 HA 到新 FA 之间的距离, 根据计算数据绘制相对时延( $D/D_{mip}$ )与  $h$  ( $h$ : hop, 代表移动跳数)之间的关系曲线, 如图 5 所示,  $D_q/D_{mip}$  表示 MIP\_Q 相对 MIP 的时延,  $D_{lr}/D_{mip}$  表示 MIP\_LR 相对 MIP 的时延.

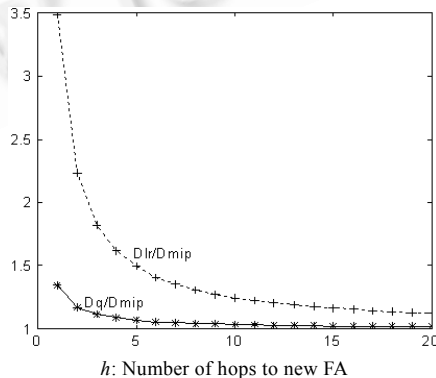


Fig.5 Comparison of handoff delay among MIP\_Q, MIP\_LR and MIP

图 5 MIP\_Q 和 MIP\_LR 与 MIP 的切换时延比较

由图 5 可以看出,当 CN 和 HA 到新 FA 之间的距离较短时,相对于 MIP,MIP\_LR 产生了较大的切换时延,而 MIP\_Q 的切换时延几乎与 MIP 相同,因为在 MIP\_Q 中,切换时注册和更新消息的发送是并行的,而在 MIP\_LR 中,此过程是顺序执行的.随着 MN 移到新 FA 的路由距离的逐步增大,最长路径的更新时延成为决定切换时延的主要因素,而其他路径的时延对整个切换时延的影响较小.因此,当路由的跳数较大时,相对切换时延接近于 1.

### 3 讨论和总结

本文提出了一种基于位置预查询的因特网移动支持方案 MIP\_Q,论述了该方案的设计实现思路及其特点.对 MIP,MIP\_LR 和 MIP\_Q 的平均通信成本和切换时延进行了分析计算和比较,结果表明:在通信成本方面,MIP\_Q,MIP\_LR 的通信成本比 MIP 明显降低,MIP\_Q 成本最低;在切换时延方面,MIP\_Q 提供了比同类方案 MIP\_LR 更低的切换时延,在较少的路由跳数下,切换时延能够接近 MIP.在 MIP,MIP\_LR 和 MIP\_Q 这 3 种方案中,MIP\_Q 的综合性能最好.

MIP\_Q 适于支持企业级或具有独立管理能力的因特网络域内的移动通信.MIP\_Q 避免了三角路由和隧道路由问题,与 MIP 相比,MIP\_Q 可以提供更高的路由效率和性能.MIP\_Q 通过并行切换控制方式,切换时延大大降低.同时,MIP\_Q 支持因特网防火墙、网络地址转换协议(network address translation,简称 NAT)、网络代理、RSVP 和 IPsec 等,因此具有更强的互通性和实用性.MIP\_Q 通过扩展因特网上普遍使用的 DNS 支持节点的移动通信,省去了 HA 功能实体,减少了家乡网络的流量负荷,避免了 HA 处网络流量的瓶颈问题;MIP\_Q 为支持节点移动通信新增的实体数目最少,有利于在现有因特网上平滑引入;DNS 可以位于网络的任何位置,而且由于域名服务器多重备份,避免了 HA 处的单点故障问题;MIP\_Q 网络安全是基于 DNS 安全更新的组合,具有更可靠的安全性能.

MIP\_Q 的设计思路与目前广域蜂窝移动网(如 global system of digital mobile communication,简称 GSM)采用的归属位置寄存器和拜访位置寄存器的设计思路相似,且二者都具有分布式结构<sup>[8]</sup>.HLR/VLR 管理着所有联网漫游移动用户的位置、认证等信息,并对各种呼叫和切换请求中的位置查询信息和认证请求进行应答.虽然广域蜂窝移动网中仅仅 GSM 网的用户数在 2001 年已达 6 亿<sup>[20]</sup>,但 GSM 网中的 HLR/VLR 运行良好.截至 2002 年 7 月,因特网上的主机数目为 1.6 亿<sup>[21]</sup>,远小于 GSM 网 2001 年的用户数,所以,基于现有数据库管理和查询技术,完全有能力对移动用户的位置信息进行分布式查询和管理.这一事例对论证因特网中扩展 DNS 系统支持移动通信的可行性问题是一个较有说服力的参考.但是,如何保持 MN 所属不同域名服务器之间的 COA 信息同步是 MIP\_Q 需要进一步研究的问题.验证 MIP\_Q 的性能,可以采用 NS-2<sup>[22]</sup>等网络仿真器进行定量分析,也可以在局域网内构建实验平台进行实时测试.如果修改和扩充 LINUX 系统自带的 DNS 服务器和相应的终端 IP 层协议,使其支持 MIP\_Q 的扩展 DNS 服务器和扩展终端功能,便简化和加速了实验平台的实现.

#### References:

- [1] Perkins C. IP mobility support for IPv4. RFC3220, 2002.
- [2] Perkins C, Jonson DB. Route optimization in mobile IP. draft-ietf-mobileip-optim-11.txt, IETF, 2001.
- [3] Braden R, Zhang L, Berson S, Herzog S, Jamin S. Resource ReSerVation protocol (RSVP). RFC 2205, 1997.
- [4] Ferguson P, Senie D. Network ingress filtering: Defeating denial of service attacks which employ IP source address spoofing. RFC 2267, 1998.
- [5] Jain R, Raleigh T, Graff C, Bereschinsky M. Mobile Internet access and QoS guarantees using mobile IP and RSVP with location registers. In: Proc. of the Int'l Conf. on Communications. 1998. 7~11.
- [6] Jain R, Raleigh T, Yang D, Li F, Graff C, Bereschinsky M, Patel M. Enhancing survivability of mobile Internet access using mobile IP with location registers. In: Proc. of the Conf. on Computer Communications (IEEE Infocom). New York, 1999. 21~25.
- [7] Yap CN, Kraner M, Fikouras NA, Cvetkovic SR. Novel and enhanced mobile Internet protocol for third generation cellular environments compared to MIP and MIP\_LR. In: Proc. of the 1st Int'l Conf. on 3G Mobile Communication Technologies. 2000. 143~147.



- [8] Mouly M, Pautet MB. The GSM System for Mobile Communications. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 1996. 309~350 (in Chinese).
- [9] Snoeren AC, Balakrishnan H. An end-to-end approach to node mobility. In: Proc. of the 6th ACM/IEEE Int'l Conf. on Mobile Computing and Networking. 2000.155~166.
- [10] Masahiro I, Mitsunobu K, Keisuke U, Esaki H, Teraoka F. LINA: A new approach to mobility support in wide area networks. IEICE Trans. on Communications, 2001,E84-B(8):2076~2086.
- [11] Masahiro I, Mitsunobu K, Fumio T. An analysis of mobility handling in LIN6. In: Proc. of the Int'l Symp. on Wireless Personal Multimedia Communication. 2001. <http://www.lin6.net>
- [12] Mockapetris P. Domain names—Concept and facilities. RFC 1034, 1987.
- [13] Mockapetris P. Domain names—Implementation and specification. RFC 1035, 1987.
- [14] Douglas E. Comer, Internetworking with TCP/IP, Vol I: Principles, Protocols, and Architecture. 3rd eds., Beijing: Tsinghua University Press, 1999.
- [15] Vixie P. Dynamic updates in the domain name system (DNS UPDATE). RFC 2136, 1997.
- [16] Eastlak D. Secure domain name system dynamic update. RFC 2137, 1997.
- [17] Droms R. Dynamic node configuration protocol. RFC1541, 1993.
- [18] Thomson S, Narten T. IPv6 stateless address autoconfiguration. RFC2462, 1998.
- [19] Perkins C, Johnson D. Mobility support in IPv6, In: Proc. of the 2nd ACM/IEEE Int'l Conf. on Mobile Computing and Networking. 1996. 27~37.
- [20] Weiss M. Seamless prepaid roaming solutions for the African Arena. 2001. <http://www.schlumbergerseatelecom.com/presentations/Pp%20roaming%20solutions%20for%20Africa.pdf>
- [21] Internet software consortium, Internet domain survey. 2002. <http://www.isc.org/ds/WWW-200207/index.html>
- [22] Kevin F, Kannan V. NS-2. 2001. <http://www.isi.edu/nsnam>

#### 附中文参考文献:

- [8] Mouly M, Pautet MB. 骆健霞, 顾龙信, 徐云霞, 译. GSM 数字移动通信系统. 北京: 电子工业出版社, 1996. 309~350.